

# Podkłady syntetyczne z FFU®



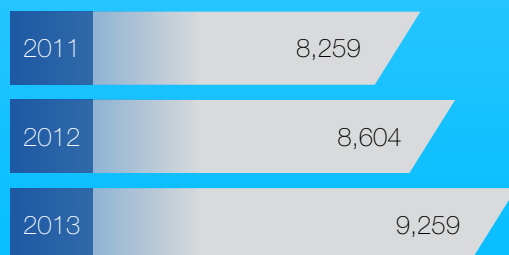
ROZWIĄZANIA TECHNICZNE DLA KOLEJNICTWA

State  
of the Art



## Obroty roczne SEKISUI Chemical Co., Ltd

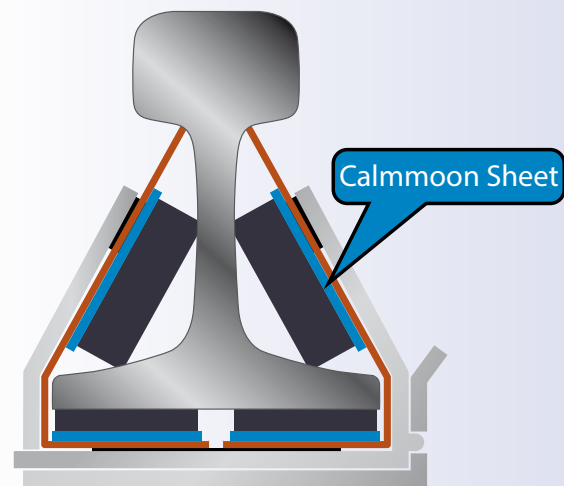
[w miliardach EUR]



Od ponad 60 lat Grupa Sekisui Chemical jest jednym z wiodących na świecie producentów wyrobów syntetycznych.

Grupa jest reprezentowana na całym świecie przez ponad 200 podmiotów zależnych i około 20 tys. pracowników, osiągając łączne obroty roczne na poziomie 9,2 miliarda EUR (stan z 2013 r.).

Posiada rozległe doświadczenie w dziedzinie technologii polimerowych i wciąż opracowuje nowatorskie wyroby.



# SEKISUI Chemical Co., Ltd.

Spółka Sekisui Chemical prowadzi działalność w trzech głównych branżach: Branża budownictwa mieszkaniowego wytwarza ponad 10 tys. prefabrykowanych, świetnie wyposażonych domów rocznie na rynek japoński. Każdy z domów projektowany jest na zamówienie i jest zgodny z najnowszymi normami wydajności energetycznej.

Branża zaawansowanych tworzyw sztucznych zaopatruje przemysł i budownictwo w wyroby takie, jak folia do produkcji szkła bezodpryskowego, czy usieciowane pianki poliolefinowe. Branża inżynierii medycznej oferuje szeroki asortyment wyposażenia medycznego, farmaceutyków, chemikaliów wysokowartościowych, substancji specjalnych oraz przemysłowych taśm samoprzylepnych i folii. Branża infrastruktury publicznej i ochrony środowiska zajmuje się przede wszystkim opracowywaniem ekologicznych rozwiązań do regeneracji rur i jest dostawcą cieszących się wielkim

uznaniem rur wielkośrednicowych z tworzyw zbrojonych włóknem szklanym. Dopelnieniem tego obszaru jest szeroki asortyment rur przemysłowych, wyrobów budowlanych i rozwiązań dla kolejnictwa.



- 1978** Nagroda Okouchi i wyróżnienie od Generalnej Dyrekcji Japońskiej Agencji Badań i Rozwoju za opracowanie syntetyku drewnopodobnego z FFU
- 1979** Nagroda Deming za kompleksową kontrolę jakości o wysokim poziomie
- 1980** Próby terenowe podkładów kolejowych z FFU na moście nad rzeką Miomonte i w tunelu Kanmon
- 1985** Badanie próbnych podkładów przez Japoński Instytut Badań Technicznych w Kolejnictwie (RTRI) z doskonałym wynikiem. Przyjęcie syntetyku drewnopodobnego z FFU jako standardowego podkładu przez Koleje Japońskie.
- 1996** Ponowne przebadanie podkładów z prób terenowych z roku 1980 przez Japoński Instytut Badań Technicznych w Kolejnictwie. Po wyekstrapolowaniu wpływu ponad 100 milionów cykli obciążenia przewidziano, że okres użytkowania podkładu wynosi ponad 50 lat.
- 2004** Austria | Pierwsze montaż podkładów z syntetyku drewnopodobnego z FFU na mostach w Europie
- 2007** Opublikowanie japońskiej normy branżowej JIS E 1203
- 2008** Niemcy | Pierwsza zwrotnica na podkładach z syntetyku drewnopodobnego w Leverkusen
- 2009** Niemcy | Dopuszczenie podkładów syntetycznych z FFU do prób użytkowych w niemieckiej infrastrukturze kolejowej przez Niemiecki Federalny Urząd Kolejnictwa (EBA)
- 2010** Niemcy | Montaż zwrotnic na podkładach z FFU w Hamburger Hochbahn i w sieci transportu w Monachium (MVG)  
Austria | Koleje Austriackie | Pierwszy rozjazd krzyżowy podwójny na podkładach z FFU na głównej stacji kolejowej w Wiedniu
- 2011** Niemcy | Koleje Niemieckie | Pierwszy montaż podkładów z FFU w Vilsbiburg  
Japonia | Japoński Instytut Badań Technicznych w Kolejnictwie testuje podkłady z prób terenowych w 1980 r. Wyniki potwierdzają przewidywaną 50-letnią trwałość. Pisemne powiadomienie Kolei Japońskich o możliwości bezpiecznego użytkowania podkładów przez dalsze 20 lat.
- 2012** Niemcy | Koleje Niemieckie | Dwie zwrotnice na podkładach z FFU na stacji w miejscowości Würzburg, każda przenosząca 70 tys. ton obciążenia dziennie  
Niemcy | Koleje Niemieckie | Kontynuacja układania podkładów z syntetyku drewnopodobnego z FFU na mostach  
Holandia | ProRail | Ułożenie podkładów z FFU na 3 mostach
- 2013** Austria | Wiener Linien | 78 zwrotnic przystacyjnych  
Niemcy | Politechnika Monachijska testuje pomyślnie podkłady płaskie o grubości 12 cm | obciążenie na oś 22,5 t |  $v < 200$  km/h
- 2014** Niemcy | Dopuszczenie podkładów płaskich o grubości 12 cm do prób użytkowych przez Federalny Urząd Kolejnictwa  
Szwajcaria | Dopuszczenie podkładów płaskich o grubości 12 cm i większej do prób użytkowych (w tym w tunelach, w których układane są podkłady drewniane) przez Federalny Urząd Transportu.  
Szwajcaria | BLS | Zwrotnica i rozjazd krzyżowy podwójny na podkładach z FFU, pierwszy montaż podkładów z FFU  
Szwajcaria | RhB | Zastosowanie podkładów płaskich na mostach – na podsypce i na stalowych konstrukcjach podporowych  
Zjednoczone Królestwo | Network Rail | Ułożenie podkładów długich ( $S \times W \times D = 38 \times 38 \times 5,70$  m) i standardowych na dwóch mostach  
Wiele krajów | Wejście w życie normy ISO 12856-1: Podkłady kolejowe z tworzyw sztucznych

## Historia podkładów kolejowych z FFU®

Rozbudowując krajową sieć kolejową, Koleje Japońskie stwierdziły na podstawie dokumentacji wewnętrznej, że ok. 70% stosowanych dotychczas podkładów drewnianych wymaga regularnej wymiany z powodu starzenia się od warunków atmosferycznych. Zainteresowane poprawą jakości i bezawaryjności sieci, przedsiębiorstwo to nawiązało współpracę ze spółką Sekisui Chemical Co. Ltd. w celu opracowania podkładów wykonanych z trwałego i niskoutrymaniowego syntetyku spełniającego najsurowsze wymagania. Nowo opracowane podkłady syntetyczne z FFU zostały ułożone próbnie na konstrukcji mostu i w tunelu sieci super-szybkich pociągów

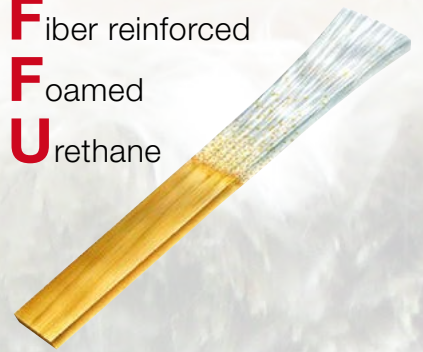
Shinkansen już w 1980 r. Po upływie 5 lat niektóre z nich zdemontowano i poddano kompleksowym badaniom. Badania dowiodły wysokich walorów podkładów w warunkach ciągłego użytkowania.

Ponieważ zbadane podkłady nie różniły się od fabrycznie nowych pod względem stanu i nośności, Koleje Japońskie wprowadziły podkłady z syntetyku drewnopodobnego jako rozwiązanie standardowe w 1985 r. – z bardzo zadowalającym rezultatem. Kolejne badanie podkładów ułożonych w 1980 r. przeprowadził w 1996 r. organ nadzorczy kolejnictwa – Japoński Instytut Badań Technicznych w Kolejnictwie.

### Zadawalający wynik:

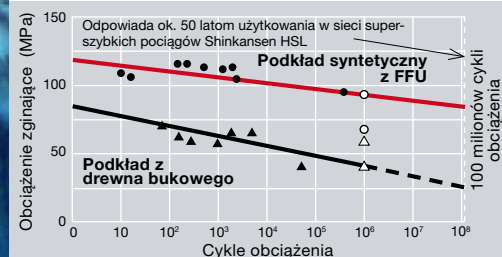
Przewidywany okres użytkowania podkładów z FFU przekracza 50 lat. Potwierdzono to ponownie w 2011 r. w badaniu podkładów mających już 30 lat przeprowadzonym przez Japoński Instytut Badań Technicznych w Kolejnictwie. Realizacja pierwszej inwestycji z wykorzystaniem podkładów z FFU rozpoczęła się w 2004 r., natomiast norma międzynarodowa ISO 12856-1 dotycząca podkładów kolejowych z tworzyw sztucznych weszła w życie w marcu 2014 r.

**F**iber reinforced  
**F**oamed  
**U**rethane



**Okres użytkowania:** ponad 50 lat  
**Gęstość:** jak drewno (740 kg/m<sup>3</sup>)  
**Obrabialność:** jak drewno  
**Przewodność elektryczna:** bardzo niska  
**Odporność chemiczna:** bardzo wysoka  
**Koszty w okresie użytkowania:** minimalne  
**Koszty utrzymania:** minimalne  
**Tolerancja wymiarowa w wyrobach na zamówienie:** +/- 1 mm  
**Recykling:** 100%  
**Dostępność torowiska:** maks. 35 lat codziennego użytkowania  
**Referencyjne odcinki torów:** ponad 1 400 km

**Korelacja obciążenie zginające – cykle obciążenia**



## Wykonanie podkładu syntetycznego z FFU®

Podkład syntetyczny z FFU wytwarzany jest metodą prasowania ciągłego z wytłaczaniem ciągłych włókien szklanych namoczonych w poliuretanie. Czynnikiem utwardzającym jest podwyższona temperatura.

Produkcja realizowana jest w procesie ciągnięcia profilu z syntetyku drewnopodobnego z maszyny utwardzającej. Wychodzący jednolity blok materiału można ciąć na odcinki o długości do 12 m.

Ten proces poświadczony na zgodność z normą ISO zapewnia utrzymanie konsekwentnej jakości i stałych właściwości materiału, a materiał jest wolny od porów.

Dzięki tej jednorodności tworzywa, zachowanie materiału w warunkach użytkowania jest przewidywalne, czego nie można powiedzieć o naturalnym drewnie. Znacznie lepsza charakterystyka techniczna umożliwi również zoptymalizowanie przekroju podkładu, co jest bardzo korzystne (szczególnie na mostach).

Ponieważ kompozyt składa się z komórek zamkniętych, nie wchłania wody i jest bardzo odporny na tłuszcze i inne zanieczyszczenia. Spód podkładu syntetycznego ułożony na podsypce zachowuje się tak samo, jak spód podkładu drewnianego.

Parametr	Jednostka	Bulk Nowy	FFU			Norma	
			Nowy	Po 10 latach	Po 15 latach		
Gęstość	[kg/m <sup>3</sup> ]	750	740	740	740	JIS Z 2101	
Wytrzymałość na zginanie	[kN/cm <sup>2</sup> ]	8	14,2	12,5	13,1	JIS Z 2101	
Moduł zginania	[kN/cm <sup>2</sup> ]	710	810	800	816	JIS Z 2101	
Wytrzymałość na ściskanie	[kN/cm <sup>2</sup> ]	4,0	5,8	6,6	6,3	JIS Z 2101	
Wytrzymałość na ścinanie	[kN/cm <sup>2</sup> ]	1,2	1,0	0,95	0,96	JIS Z 2101	
Twardość	[kN/cm <sup>2</sup> ]	1,7	2,8	2,5	2,7	JIS Z 2101	
Wytrzymałość na zginanie udarowe	+ 20°C	[J/cm <sup>2</sup> ]	20	41	-	-	JIS Z 2101
	- 20°C	[J/cm <sup>2</sup> ]	8	41	-	-	JIS Z 2101
Pochłanianie wody	[mg/cm <sup>2</sup> ]	137	3,3	-	-	JIS Z 2101	
Izolacyjność elektryczna	Na sucho	[Ω]	6,6x10 <sup>7</sup>	1,6x10 <sup>13</sup>	2,1x10 <sup>12</sup>	3,6x10 <sup>12</sup>	JIS K 6852
	Na mokro	[Ω]	5,9x10 <sup>4</sup>	1,4x10 <sup>8</sup>	5,9x10 <sup>10</sup>	1,9x10 <sup>9</sup>	JIS K 6852
Siła wyrwania haka szynowego	[kN]	25	28	28	23	RTRI	
Siła wyrwania wkrętu szynowego	[kN]	43	65	-	-	RTRI	

## Charakterystyka techniczna

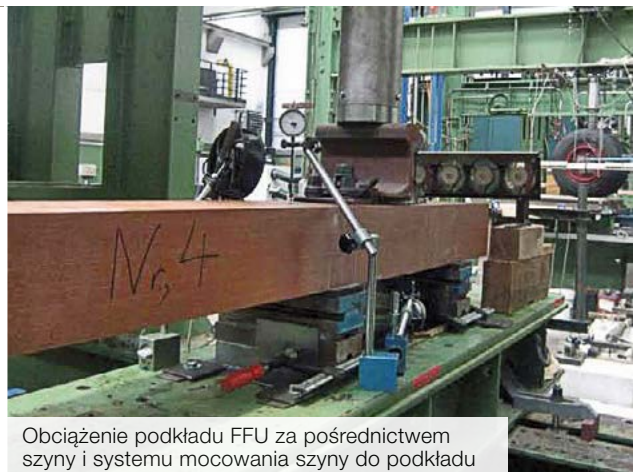
Począwszy od 1985 r. w ramach różnych postępowań o dopuszczenie przeprowadzono kompleksowe badania podkładów z FFU.

W 2008 r. Politechnika Monachijska poddała testom materiałowym podkłady o grubości 16 cm, przyjmując obowiązujące normy europejskie. Musiały one spełnić niektóre z wymagań dotyczących podkładów betonowych.

Raport z testów okazał się niezwykle korzystny dla podkładów z FFU pod każdym względem. W oparciu o te wyniki niemiecki Federalny Urząd Kolejnictwa dopuścił w 2009 r. podkłady z FFU do testów bezpieczeństwa na torach w Niemczech. Politechnika przeprowadziła następujące testy:



Statyczne badanie ścisłości



Obciążenie podkładu FFU za pośrednictwem szyny i systemu mocowania szyny do podkładu

Odształcenie sprężyste główki szyny	
Podparcie prawe	Podparcie lewe
2,12 mm	1,71 mm

Odształcenie trwałe główki szyny	
Podparcie prawe	Podparcie lewe
0,42 mm	0,29 mm

Średnia siła wyrwania śruby podkładu	
Drewno	FFU
35 kN	61 kN


Oporność elektryczna $R_{33}$	
DIN EN 13146-5	FFU
$\geq 5 \text{ k}\Omega$	71,9 k $\Omega$

Obciążenie statyczne na środku podkładu	
Drewno	FFU
80 kN	240 kN

Wyciąg z protokołu z badań nr 2466 z 19.9.2008 wydanego przez Przewodniczącego Politechniki Monachijskiej i Urzędu Badań w Transporcie, prof. dr inż. Stefana Freudensteina

- Badanie zmęczenia od drgań
- Siła rozciągająca w śrubie podkładu
- Próba wyrwania śruby z podkładu
- Próba udarowa
- Oporność elektryczna
- Testy statyczne na środku podkładu
- Testy zmęczeniowe na środku podkładu
- Statyczne badanie ścisłości
- Próba ugięcia statycznego w niskiej temperaturze  
R = RT i R = - 10°C

Dowód na stałość charakterystyki technicznej materiału uzyskano, poddając podkład 1,28 miliona cykli obciążeń w temperaturze podwyższonej do 48°C. Usredniona siła wyrwania śruby z podkładu wyniosła 61 kN.



**Eisenbahn-Bundesamt**

Eisenbahn-Bundesamt, Postfach 20 05 95, 53135 Bonn

Sekisui Chemical Co., Ltd.  
Urban Infrastructure & Environmental Products  
2-3-17 Toranomon  
Minato-ku, Tokio 105-8450  
Japan

Geochiffres (bitte im Schriftverkehr immer angeben)  
2169-2-izbo/004-2101#012-(508/08 ZzB)

**Zentrale**

Bearbeitung: Dr.-Ing. Lothar Matzner  
Telefon: (089) 54 806-560  
Telefax: (089) 54 856-584  
e-Mail: Matzner\_L@eba.bund.de  
ref21@eba.bund.de  
Internet: www.eisenbahn-bundesamt.de  
Datum: 08.07.2009  
VMS-Nummer  
822 23 11

**Betreff:** Antrag auf Zulassung zur Betriebserprobung von Esilon Neo Lumber FFU Kunstholzschwellen für den Gleisbau

**Bezug:** Ihr Schreiben vom 25.03.2009

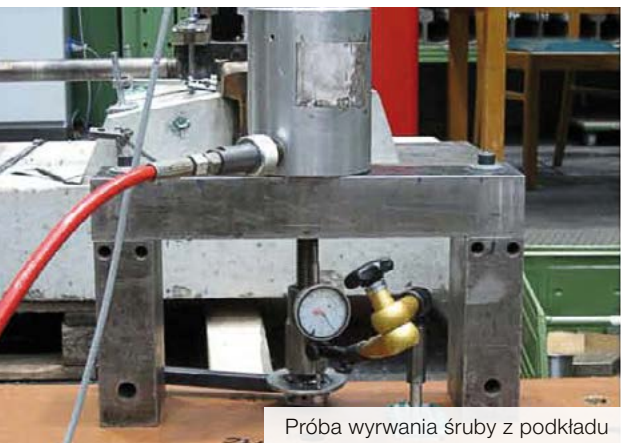
**Argument:**

Sehr geehrte Damen und Herren,

auf Ihren o. a. Antrag, mit dem Sie die Zulassung zur Betriebserprobung von Esilon Neo Lumber FFU74 Kunstholzschwellen für den Einsatz als Gleis- und Weichenschwellen für den Gleisbau beantragen, ergeht folgender

**Bescheid:**

I. Ich erteile die Zulassung zur Betriebserprobung für die Esilon Neo Lumber FFU74 Kunstholzschwellen für den Einsatz als Gleis- und Weichenschwellen.  
Die Zulassung ist befristet bis zum 31. März 2014.  
Dieser Bescheid besteht aus 6 Seiten.



Próba wyrwania śruby z podkładu



Podkład z FFU po próbie udarowej



Pulsacyjna próba zmęczeniowa na podsypce zgodnie z normą DIN EN 13230-3

Próbie udarową mającą zasymulować skutek wykolejenia przeprowadzono, zrzucając na podkład z wysokości przedmiot o wadze 500 kg. Po dwóch próbach przeprowadzonych w tym samym punkcie na podkładzie pojawił się zaledwie ślad „od obrzeża koła”. Nawet po tym zasymulowanym wykolejeniu podkład pozostał wymiarowo stabilny, co gwarantuje zachowanie szerokości toru również w takiej sytuacji.

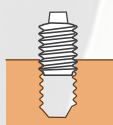
Siła 240 kN przyłożona do środka podkładu w teście statycznym nie uszkodziła podkładu. Dla porównania, podkład drewniany łamał się pod naciskiem zaledwie 80 kN. Test zmęczeniowy przeprowadzono na środku podkładu, w skrajnych warunkach. Po 2,5 miliona cykli obciążania zmiana w linii ugięcia wyniosła zaledwie 0,4 mm. Dostrzegalne objawy zmęczenia nie wystąpiły.

W celu sprawdzenia zachowania podkładów w niskiej temperaturze, schłodzono je do  $-20^{\circ}\text{C}$ . Badanie wykazało, że nawet w tym stanie włókna syntetyku drewnopodobnego z FFU nie są kruche.

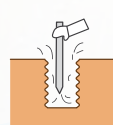
Test zmęczeniowy pod podsypką podkładu przeprowadzono w najbardziej niekorzystnych warunkach obejmujących nieprawidłową geometrię toru, nierówny rozkład obciążenia na szynach, sztywne podparcia szyn i duże dodatkowe obciążenie dynamiczne symulujące nacisk 250 kN od zestawu kołowego. W każdym przypadku i bez żadnych wyjątków podkład z FFU przeszedł badanie pomyślnie i bez jakichkolwiek uszkodzeń nawet po 2 milionach cykli obciążania.



Naprawa przy zastosowaniu dwuskładnikowej żywicy poliestrowej z włóknem szklanym – czas twardnienia 30 minut



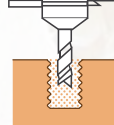
Profilowanie



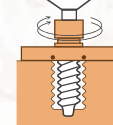
Oczyszczenie wywierconego otworu



Wypełnienie żywicą syntetyczną



Wywiercenie nowego otworu

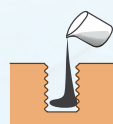


Wkręcenie śruby

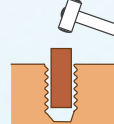
Naprawa przy zastosowaniu kołka z syntetyku drewnopodobnego z FFU i żywicy syntetycznej – czas twardnienia 4 godziny



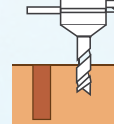
Oczyszczenie wywierconego otworu



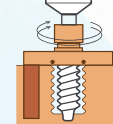
Wypełnienie żywicą syntetyczną



Zakołkowanie



Wywiercenie nowego otworu



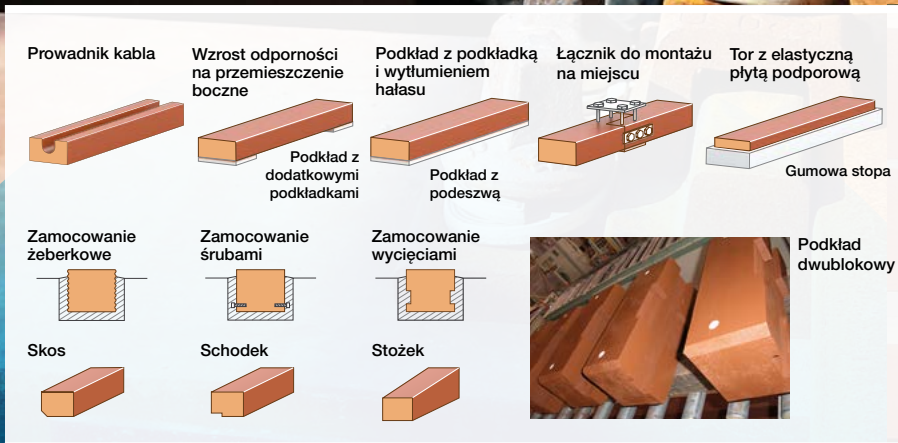
Wkręcenie śruby

## Metody naprawy

Otwory na śruby o nieprawidłowym rozmiarze lub wywiercone w złym miejscu na podkładzie z FFU podczas układania szyn można wypełnić na dwa sposoby, a naprawa nie wpłynie na jakość podkładu.

Pierwszy sposób polega na wyprofilowaniu ścian nieprawidłowego otworu, oczyszczeniu go, a następnie wypełnieniu dwuskładnikową żywicą poliestrową zawierającą włókno szklane. Po zaledwie 30 minutach twardnienia żywicy można wykonać nowy, prawidłowy, otwór różniący się od poprzedniego położeniem choćby o kilka milimetrów.

Druga metoda polega na oczyszczeniu nieprawidłowego otworu, częściowym wypełnieniu ciekłą żywicą syntetyczną i zakołkowaniu syntetykiem drewnopodobnym z FFU. Nowy otwór można wykonać po 4 godzinach twardnienia wypełnienia.



## Wyroby na zamówienie

Producent oferuje podkłady z FFU wykonane na zamówienie przy ścisłym przestrzeganiu specyfikacji zamawiającego.

Zastosowanie takich podkładów pozwala na zauważalne ograniczenie:

- poprawek w projekcie,
- czasu zamknięcia toru,
- kosztów logistycznych,
- nakładów na przygotowania.

Dostępne są następujące modyfikacje na zamówienie:

- dodatkowe podkładki stosowane w celu wytworzenia przechyłki),
- frezowane rowki,
- otwory wiercone w podkładach mostowych,
- otwory wiercone na śruby podkładowe,
- frezowania na elementy oporowe,
- frezowania na usztywnienia wysięgników,
- frezowania na nity,
- piaskowane powierzchnie,
- dodatkowe podkładki zapobiegające przemieszczeniu poprzecznemu.

Podkłady z FFU wykonane na zamówienie są wyraźnie oznaczane fabrycznie zgodnie z planem układania torów.

Dzięki temu każdy podkład trafia tam, gdzie powinien. Jeśli wymagane jest odtworzenie pochylenia istniejącej konstrukcji mostowej, wysokość poszczególnych podkładów może zostać dostosowana z dokładnością do jednego milimetra.



Dłutowanie wgłębienia



Otwór wiercony na śrubę podkładu



Piłowanie wgłębienia



Dłutowanie wgłębienia

## Obróbka na miejscu układania

Syntetyk drewnopodobny z FFU można obrabiać w tradycyjny sposób, tak samo jak naturalne drewno. Wiercenie, piłowanie, frezowanie i dłutowanie wykonuje się tymi samymi standardowymi narzędziami. Przewaga kompozytu FFU nad drewnem polega m.in. na większej twardości i na niemal całkowitym braku porów. Najtrwalsze w przypadku obróbki tego materiału są narzędzia z ostrzami ze spieku widia i narzędzia do obróbki stali.

Podczas obróbki podkładów należy zwrócić uwagę na nagrzewanie się narzędzi. Z problemem tym można sobie skutecznie poradzić, zmniejszając nieco obroty lub posuw, co zapobiega również stąpieniu się włókna szklanego od nadmiernej temperatury.

W każdym przypadku należy przestrzegać obowiązujących procedur.

Ciężar właściwy syntetyku drewnopodobnego FFU 74 wynosi ok. 740 kg/m<sup>3</sup>, czyli materiał ten nie różni się w transporcie od drewna naturalnego.

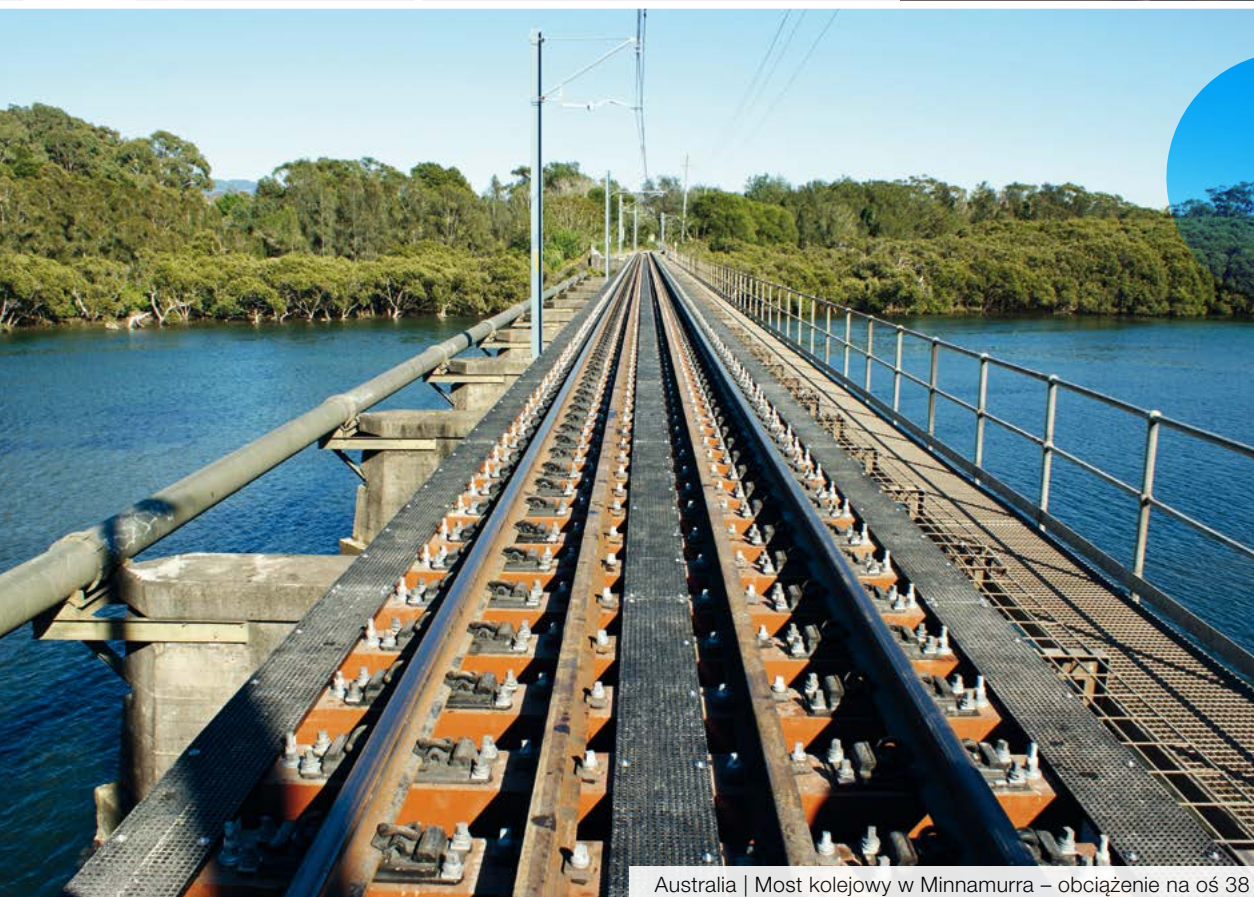
Stabilność wymiarowa podkładów i ich dostosowanie fabryczne do specyfikacji umożliwiają szybkie, precyzyjne i pewne wykonywanie pracy na torowisku. Nakłady pracy i okresy wyłączenia torowiska z eksploatacji można zoptymalizować.



Specjalne zamocowanie podkładu z FFU na ażurowej konstrukcji stalowej



Zwrotnica na Moście Hohenzollerna w Kolonii



Australia | Most kolejowy w Minnamurra – obciążenie na oś 38 t

## Mosty kolejowe

W przypadku konstrukcji mostowych, podkłady syntetyczne z FFU są równoważne konwencjonalnym podkładom z drewna naturalnego pod względem:

- techniki i kosztów układania,
- sposobów mocowania,
- wagi,
- stosowanych narzędzi.

Jednak za wybraniem tych pierwszych przemawiają następujące korzyści:

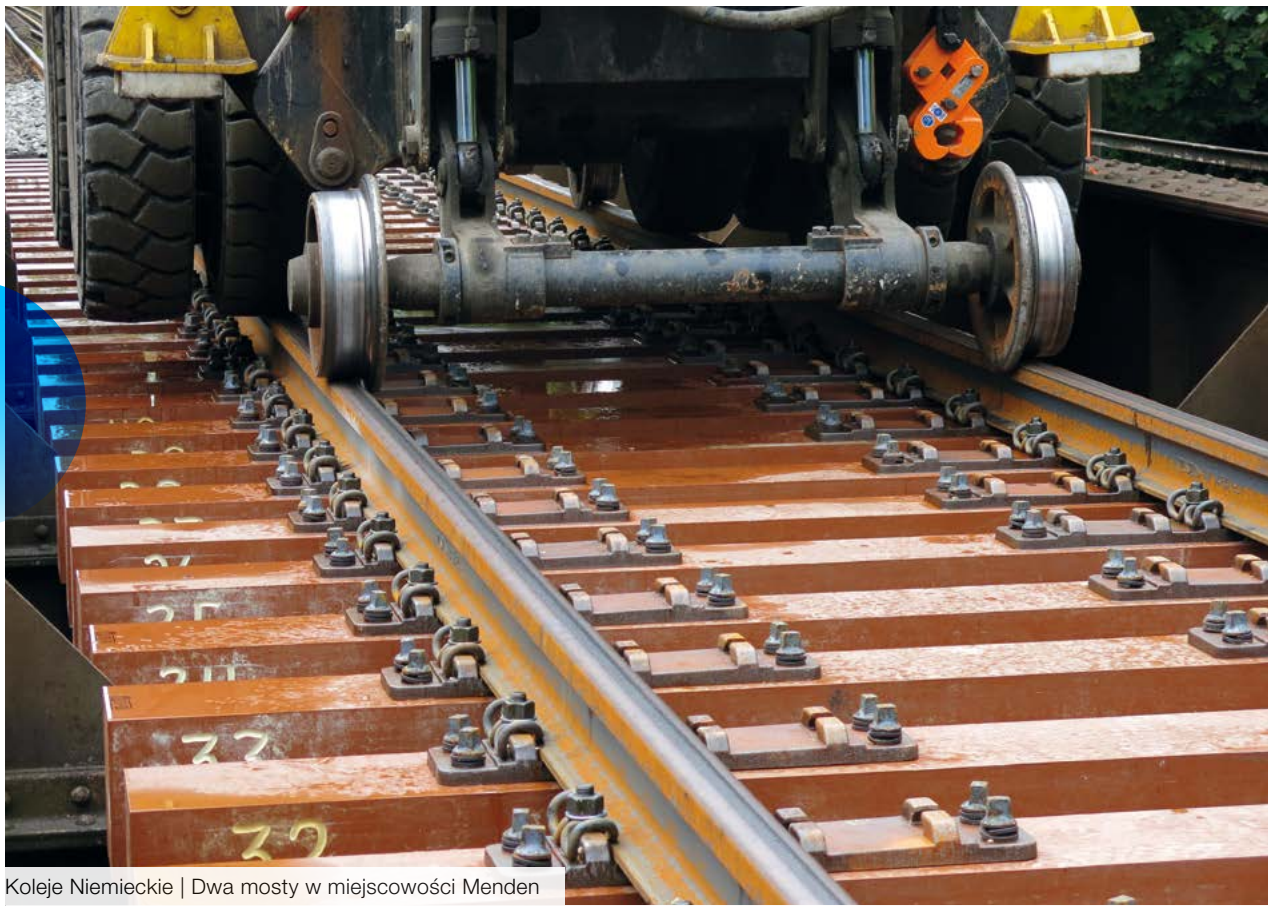
- bardzo długi okres użytkowania,
- większa odporność na warunki atmosferyczne,
- niezmiennosc wyglądu,

- utrzymanie parametrów statycznych,
- jednorodność podkładów,
- stabilność wymiarowa,
- brak potrzeby impregnacji,
- adaptacja torowiska do nachyleń konstrukcji mostu,
- oparcie pełną powierzchnią na podporach,
- jednolite przekroje specjalne,
- krótszy czas wyłączeń toru,
- wysoka dostępność toru,
- poprawa bezpieczeństwa,
- niższe nakłady na utrzymanie,





Koleje Niemieckie | 1 200 m toru z podsypką na moście w miejscowości Naumburg



Koleje Niemieckie | Dwa mosty w miejscowości Menden



Koleje Austriackie | Most Ostbahn w Wiedniu



Kopalnia węgla w USA, obciążenie na oś 38 t, 40 milionów ton obciążenia rocznie

Drewno syntetyczne FFU jest instalowane szybko, kompetentnie i precyzyjnie przez profesjonalne przedsiębiorstwa użytkujące koleje i przez przedsiębiorstwa budowlane.

W 2014 r. podkłady te były już użytkowane przez wiele przedsiębiorstw infrastruktury kolejowej na całym świecie na odcinkach torów o długości ponad 1 400 km.

Począwszy od 2004 r. są one układane w Europie, a inwestorzy niezmiennie wyrażają swe pełne

zadowolenie. Dla większości operatorów kolejowych najważniejszą korzyścią z tego rozwiązania jest maksymalna dostępność sieci.

Oczywiście, okresy utrzymaniowe konstrukcji mostowych muszą być przestrzegane – na przykład następujące:

- odnowa ochrony antykorozyjnej po ok. 30 latach,
- wymiana szyn po 30 latach,
- remont kapitalny konstrukcji po 50 latach,
- wymiana podkładów z FFU po 50 latach.

W razie przestrzegania tych zaleceń, wyłączenie toru z ruchu na dłuższy czas nie powinno być wymagane przed upływem 50 lat.



Zwrotnica na torze bezpodsypkowym, przykręcana, na gumowych stopach



Zwrotnica na torze podsypkowym

## Zwrotnice

Podkłady z FFU mogą być lepszym rozwiązaniem na zwrotnicach z powodu bardzo dobrej elastyczności, znacznie dłuższego okresu użytkowania, wysokiej izolacyjności elektrycznej i odporności chemicznej. Sprawdzą się lepiej również tam, gdzie użytkownik ponosi regularnie wysokie koszty utrzymania torowisk konwencjonalnych. Co więcej, mogą zostać wykonane w dowolnej długości. Połączenie tych wszystkich zalet zapewnia następujące korzyści:

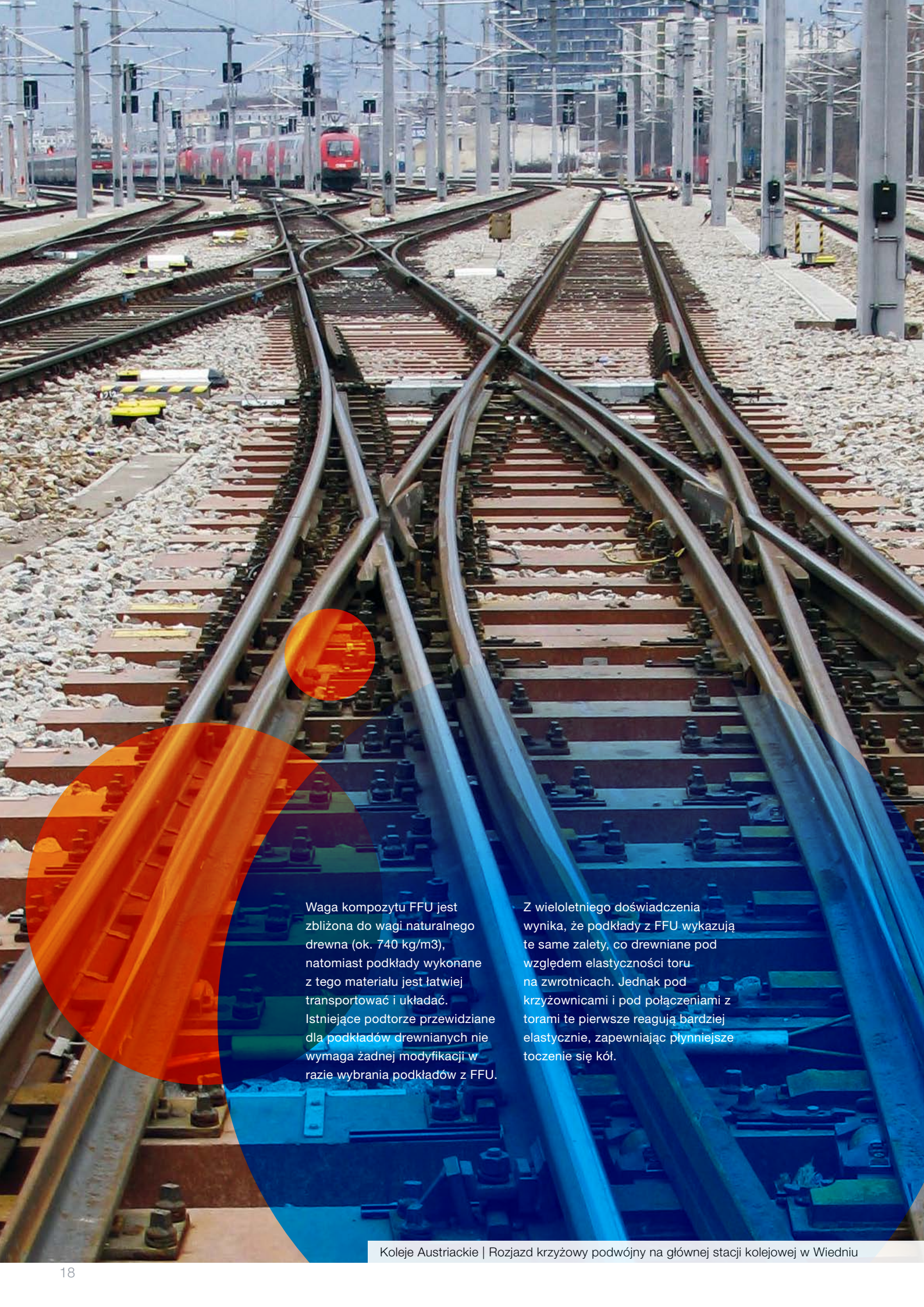
- dobre osadzenie w podsypce,
- wieloletnie zachowanie elastyczności na krzyżownicach,
- zachowanie szerokości toru po wykolejeniu,
- stabilność wymiarowa po wykolejeniu,
- pewność zamocowania szyny do podkładu na wiele lat,
- doskonała odporność na czynniki atmosferyczne,
- brak pochłaniania wody,
- doskonała odporność chemiczna,
- niewrażliwość na smar,
- brak impregnacji szkodliwej dla środowiska,
- brak insektycydów,





- szybka naprawa,
- podkładki dodatkowo stabilizujące położenie,
- standardowe sposoby mocowania,
- zastosowanie standardowych narzędzi,
- krótkie wyłączenia torów,
- poprawa bezpieczeństwa na kolei,
- doskonała charakterystyka techniczna,
- wysoka dostępność zwoznic,
- wysoka oporność elektryczna (izolacyjność).

Z powodu ich licznych zalet podkładki z FFU są preferowane na zwoznicach na torach zarówno podsypkowych, jak i bezpodsypkowych (w tym ostatnim przypadku podkładki wyposażone są z reguły w gumowe stopy). Ciekawą możliwością w przypadku zastosowania podkładów z FFU jest możliwość szybkiego fabrycznego zmontowania zwoznicy i dostarczenia jej na miejsce w stanie gotowym do ułożenia, co wynika ze stabilności wymiarowej (a więc położeniowej) podkładów.

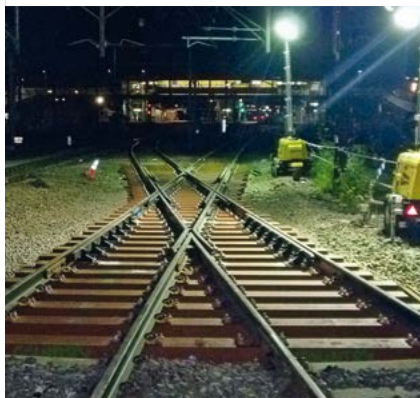


Waga kompozytu FFU jest zbliżona do wagi naturalnego drewna (ok. 740 kg/m<sup>3</sup>), natomiast podkłady wykonane z tego materiału jest łatwiej transportować i układać. Istniejące podtorze przewidziane dla podkładów drewnianych nie wymaga żadnej modyfikacji w razie wybrania podkładów z FFU.

Z wieloletniego doświadczenia wynika, że podkłady z FFU wykazują te same zalety, co drewniane pod względem elastyczności toru na zwrotnicach. Jednak pod krzyżownicami i pod połączeniami z torami te pierwsze reagują bardziej elastycznie, zapewniając płynniejsze toczenie się kół.



MVV Monachium | Zamocowanie „Rheinfeder” na podkładzie z FFU



Australia | Sydney Erskenville Xover 1



Australia | Zwrotnica w Hornsby (przedmieście Sydney)

Zdaniem pracowników Kolei Niemieckich, podkłady z FFU ułożone na podsypce pod zwrotnicami wyglądają jak nowe, a podkłady pod krzyżownicami zachowują elastyczność i prawidłowe położenie nawet po dwóch latach użytkowania. Stwierdzają oni, że wjazd z toru opartego na podkładach betonowych na zwrotnicę z podkładami z FFU jest całkowicie bezproblemowy, a wręcz idealny.

Zastosowania podkładów z FFU pozwala zapomnieć o szkodliwej dla środowiska impregnacji, nieprzyjemnych zapachach i wietrzeniu materiału.



Badanie zmęczenia pod podparciem szyny



Badanie zmęczenia od drgań



Śruba podkładowa Ss-8 o średnicy 24 mm	
Średnica otworu wierconego / wiertła	Siła wyrwania [kN]
19 mm / Wiertło do stali	56.8
20 mm / Wiertło do stali	52.7
20 mm / Wiertło do drewna	49.6

Podkład syntetyczny (h = 100 mm) po badaniu trwałości	Ugięcie sprężyste główek szyny		Ugięcie plastyczne główek szyny	
	Podparcie 1	Podparcie 2	Podparcie 1	Podparcie 2
3 miliony cykli obciążania	1,60 mm	1,60 mm	0,45 mm	0,15 mm

## Podkład płaski z FFU<sup>®</sup> Charakterystyka techniczna

Najcieńszy na świecie (w 2013 r.) podkład z kompozytu syntetycznego o grubości 12 cm przeszedł pomyślnie jesienią 2013 r. testy przeprowadzone przez zespół Politechniki Monachijskiej prowadzący badania w zakresie budownictwa transportowego na zlecenie operatora torów szlakowych o dopuszczalnym obciążeniu na oś 22,5 t i o prędkościach do 200 km/h.

Testom poddano podkłady z FFU o wymiarach 10 x 26 x 260 cm (dla kolei podmiejskich) i 12 x 26 x 260 cm (dla szlaków głównych). W porozumieniu z Niemieckim Urzędem Kolejnictwa i z Kolejami Niemie-

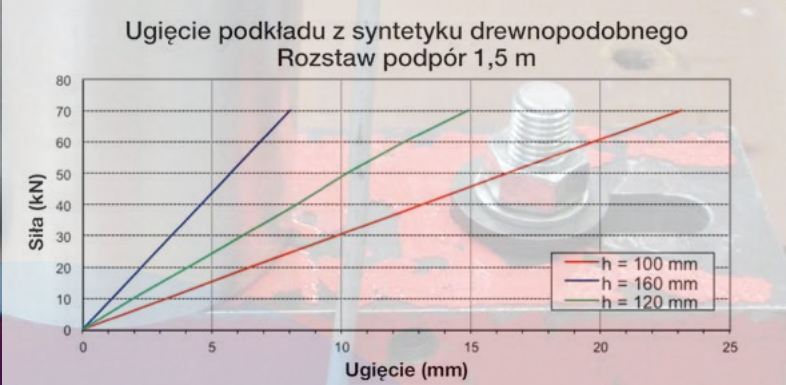
ckimi zlecono przeprowadzenie następujących badań:

- zachowanie podkładu ułożonego na podsypce zgodnie z normą DIN EN 13481-3 pod obciążeniami pionowymi i poziomymi podczas badania zmęczenia od drgań,
- testy statyczne i dynamiczne podkładów zgodnie z normą DIN EN 13230-2,
- próba wyrwania śrub podkładu wg normy DIN EN 13481-2.

Po 3 milionach cykli obciążania podkładów płytą żebrową w badaniu zmęczenia od drgań odnotowano maksymalne odkształcenie sprężyste

wynoszące 0,23 mm i maksymalne odkształcenie trwałe 0,18 mm. Przemieszczenie poziome (sprężyste i trwałe) płyt żebrowych wynosiło średnio ok. 0,6 mm.

W celu zbadania zachowania podkładu poddanego obciążeniu zginającemu, na środku podkładu przeprowadzono testy statyczne zgodnie z normą DIN EN 13230-2. Rozstaw podpór wynosił 1,5 m a szerokość płyty obciążającej wynosiła 100 mm. Odkształcenie podkładu (o grubości 120 mm) pod ciężarem 70 kN wyniosło 15 mm.



Próbę zmęczeniową o 2 milionach cykli obciążania przeprowadzono na środku podkładu, zgodnie z normą DIN EN 13230-4. Najpierw przyłożono obciążenie dochodzące do 65 kN. Następnie w teście zmęczeniowym przyłożono moment zginający o wartości 23 kNm. Moment ten odpowiada obciążeniu na oś wynoszącemu 250 kN i prędkości pociągu dochodzącej do 200 km/h. Po 2 milionach cykli obciążania podkład nie wykazywał śladów zmęczenia.

Próba wrywania,  $v \geq 200$  km/h

**Eisenbahn-Bundesamt** **Zentrale**

20.04.2016

Eisenbahn-Bundesamt, Postfach 20 05 65, 53135 Bonn	Bearbeitung: Franz Haban
SEKISUI Chemical GmbH Cantadorstr. 3	Telefon: +49 89 54856-561
40221 Düsseldorf	Telefax: +49 89 54856-599
	E-Mail: HabanF@eba.bund.de Re21@eba.bund.de
	Internet: www.eisenbahn-bundesamt.de
	Datum: 16.05.2014
Geschäftszeichen (bitte im Schriftverkehr immer angeben)	VMS-Nummer 3309639
21.61-21/zb0/017-2101#057-(537/13-ZzB)	

Betreff: **Zulassung zur Betriebserprobung von Esilon Neo Lumber FFU74 Kunstholz Flachschwellen mit 12 cm Höhe**  
 Bezug: Ihr Schreiben vom 02.12.13 – Mohri  
 Anlagen: Der Zulassung zugrunde liegende Unterlagen

Sehr geehrte Damen und Herren,

auf Ihren o.a. Antrag, mit dem Sie die Zulassung zur Betriebserprobung von Esilon Neo Lumber FFU74 Kunstholz Flachschwellen mit der Bauhöhe 12 cm beantragen, ergeht folgender

**Bescheid:**

I. Ich erteile die Zulassung zur Betriebserprobung von Esilon Neo Lumber FFU74 Kunstholz Flachschwellen für Gleise mit den Querschnittsabmessungen 12 cm x 26 cm. Die Zulassung zur Betriebserprobung ist befristet bis zum 30.04.2019. Dieser Bescheid besteht aus insgesamt 7 Seiten inkl. Anlage.

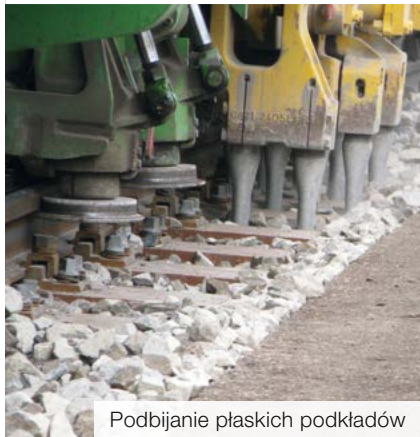


Ugięcie sprężyste po 2 milionach cykli obciążania było o zaledwie 0,25 mm większe niż na początku badania. Ponadto, zaobserwowano, że odkształcenie było niemal stałe podczas całego badania, czyli nie wystąpiły żadne objawy zmęczenia.

Badanie zmęczenia od nacisku pod podparciem szyny przeprowadzono zgodnie z normą DIN EN 13230-2 (dotyczącą podkładów betonowych). Przyłożono obciążenie o wartości 150 kN odpowiadające obciążeniu na oś na poziomie 250 kN i prędkości pociągu do 200 km/h. Przed próbą zmęczeniową przyłożono obciążenie statyczne:  $1,2 \times 150 \text{ kN} = 180 \text{ kN}$ . Po zakończeniu badania zmęczeniowego obciążenie statyczne zwiększono do  $2 \times 150 \text{ kN} = 300 \text{ kN}$ . Próbie zmęczeniową



Szwajcaria | Most RhB w miejscowości Tavanasa



Podbijanie płaskich podkładów



Przejście z podkładów betonowych na podkłady płaskie z FFU

przeprowadzono płytą żebrowaną Rph 1 o wymiarach 160 x 345 mm podłożoną pod podpory szyn na dwóch podkładach (o grubości 120 mm). Pod płytą żebrowaną umieszczono dodatkowo płytę pośredniczącą z syntetyku o grubości 5 mm. Pierwszy podkład poddano 5 milionom cykli obciążania, a drugi 2 milionom cykli.

Po 5 milionach cykli obciążania siłą 150 kN odnotowano ugięcie o 4,8 mm.

Próby wyrwania śrub podkładu przeprowadzono zgodnie z Załącznikiem A do normy EN 13481-2 na 12 śrubach Ss 8-140 wkręconych w podkłady o grubości 120 mm. Siłę stopniowo zwiększano aż do chwili wyrwania śruby. Średnio wynosiła ona 57 kN (średnica otworu 19 mm) i 51 kN (średnica otworu 20 mm). Siły wyrwania w przeprowadzonych wcześniej próbach wyrwania śrub z

podkładów drewnianych o grubości 160 mm wynosiły ok. 35 kN (patrz: protokół z badania nr 1687 z 30.06.1997 [2]).



Austria | Wiener Linien Vienna | Podkłady z FFU na gumowych stopach w tunelu



Austria | Wiener Linien Vienna | Bezpośrednie zamocowanie podkładów na moście nad Dunajem

## Podkłady pod tory | Podkłady pod zwrotnice

Niemiecki Federalny Urząd Kolejnictwa i Szwajcarski Federalny Urząd Transportu dopuścili podkłady płaskie do stosowania w podlegających im krajowych sieciach kolejowych w 2014 r.

W wyniku ścisłej współpracy z pracownikami Kolei Niemieckich stwierdzono, że w sieci kolejowej powstają „wąskie gardła” wymagające wielokrotnego powtarzania bardzo kosztownych zabiegów utrzymaniowych. Chodziło przede wszystkim o miejsca, w których podsypka pod istniejącymi podkładami utraciła swą miąższość i w których konstrukcje przebiegające nad lub pod torami ograniczały jego kinematyczną obwiednię.

Koleje Niemieckie poinformowały pisemnie o swych pozytywnych doświadczeniach ze stosowaniem podkładów z FFU na odcinkach torów przenoszących nawet 100 tys. ton ładunku dziennie.

### **Zastosowania podkładów z FFU o grubościach 10 i 12 cm**

#### Podkłady o grubości 10 cm

Przedsiębiorstwo Vienna Wiener Linien stosuje rutynowo podkłady z FFU o grubości 10 cm od 2008 r. Szyny linii tramwaju 31 przebiegające po moście Floridsdorf ułożone są właśnie na takich podkładach przymocowanych bezpośrednio do konstrukcji mostu. W sumie podkłady takie funkcjonują na torach o długości 1,6 km.

Ponieważ na większości odcinków wiedeńskiej sieci podziemnej ułożone są podkłady poliuretanowe, które doszły już do kresu swej żywotności, realizowany jest aktualnie długofalowy program zastąpienia ich podkładami z FFU. Inwestycja ta dotyczy głównie torów bezpodsypkowych oraz ciężkich i lekkich układów masowo-sprężystych w tunelach.

Natomiast w Niemczech podkłady takie, ułożone na torze podsypkowym zostały wykorzystane w 2012 r. do budowy zwrotnicy przez przedsiębiorstwo transportowe Bogestra.





#### Podkłady o grubości 12 cm

Koleje Bawarii Południowo-wschodniej zastosowały te podkłady na mostach przeprowadzonych nad drogami różnych kategorii. W pobliżu Hanoweru ułożono je na linii należącej do Kolei Niemieckich przenoszącej 100 tys. ładunku dziennie. Po 18 miesiącach wydano pisemne potwierdzenie całkowitego spełnienia oczekiwań i wymagań tego przewoźnika.

Koleje Retyckie w Szwajcarii ułożyły pierwsze takie podkłady na moście nad drogą w miejscowości Tavanasa w 2014 r. Stało się to możliwe po zatwierdzeniu wyników prób użytkowych podkładów o grubości 12 cm i większej (również w tunelach, zamiast podkładów drewnianych) przez Federalny Urząd Transportu w styczniu 2014 r.



## Montaże i profile specjalne

Podkłady dwublokowe z drewnopodobnego FFU zainstalowano po raz pierwszy na torze bezpodsytkowym w tunelu w 1980 r., natomiast wyniki pierwszych testów z 1985 r. potwierdziły wyjątkowe właściwości tego syntetyku.

Szyny nad przejazdami poziomymi na szlakach odgałęzionych układano w przeszłości na podkładach drewnianych. Z powodu szybkiego wietrzenia drewna i zużycia od dużych pojazdów (w tym rolni-

czych i budowlanych), a jednocześnie konieczności zapewnienia bezpieczeństwa na przejazdach, konstrukcje drewniane trzeba było bardzo często naprawiać lub wymieniać. W przeciwieństwie do drewna, syntetyk drewnopodobny z FFU nie pochłania wilgoci (z powodu niemal całkowitego braku porów), nie potrzebuje chemikaliów szkodzących środowisku lądowemu lub wodnemu i okazuje się być wyjątkowo odporny na pogodę. Oprócz tego, że jest ponadprzeciętnie trwały, nadaje się w całości do ponownego zagospodarowania. Te cechy przyczyniają

się do poprawy bezpieczeństwa i znacznego wydłużenia funkcjonalności przejazdów.

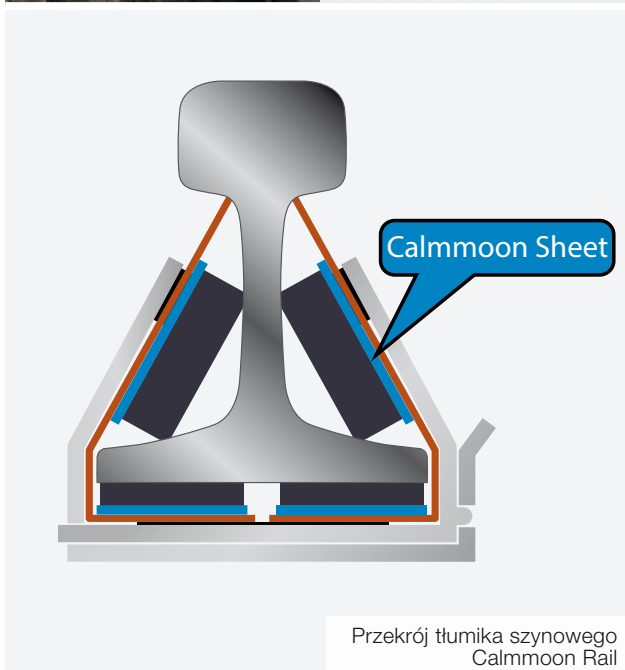
Stare podkłady usunąć i położyć nowe z FFU można w czasie zaledwie godziny, a następnie natychmiast przywrócić ruch pociągów i pojazdów drogowych.



Zbliżenie tłumika szynowego Calmmoon Rail



Tłumiki szynowe Calmmoon Rail na torze Kolei Niemieckich



Przekrój tłumika szynowego Calmmoon Rail



Płytki dźwiękochłonne Calmmoon o grubości 1,3 mm na konstrukcji mostu

## Tłumiki szynowe Calmmoon Rail

**Tłumiki hałasu od szynki szyny**  
to bardzo skuteczne rozwiązanie umożliwiające trwałe zmniejszenie emisji hałasu u jej źródła. Zostało to już dowiedzione w szeregu prób w terenie i potwierdzone niezależnie

przez Koleje Niemieckie. Do końca 2014 r. tłumiki tego systemu zostaną zamontowane na ponad 80 kilometrach torów w sieci Kolei Niemieckich. Zgodnie z informacjami od tego przewoźnika, ogólny poziom hałasu

od infrastruktury kolejowej udaje się obniżyć o średnio 3 dB.

## Płytki dźwiękochłonne Calmmoon

**Płytki wyciszające**  
składa się z warstwy żywicy syntetycznej pochłaniającej dźwięk i drgania, naniesionej na stalową blachę. Choć cienka, płytka silnie tłumi dźwięk. Ponieważ jest uniwersalna, łatwa do

zamontowania, a wiązanie żywicy z podłożem jest bardzo trwałe, wyrób ten wykorzystywany jest coraz częściej w samolotach i szybkich pociągach, na statkach (szczególnie wycieczkowych i promowych), na

stalowych mostach, w klimatyzacji przemysłowej i w instalacjach sprężarkowych



ROZWIĄZANIA TECHNICZNE DLA KOLEJNICTWA

# State of the Art